

# 修士論文内容の要旨

ふりがな	はまお ゆうすけ	
氏名	濱尾 優介	
専攻名	海洋生物資源科学専攻	
入学年度	令和3年4月	
指導教員名	主査 和田 哲 教授	副査 山口 篤 准教授 副査 松野孝平 助教
論文題目	北海道道南沿岸2定点(函館湾・寿都)における植物プランクトン群集の季節変化とその特徴に関する研究	
<p>植物プランクトンは、海洋生態系において基礎生産を担う重要な生物群である。また、植物プランクトンの水温や栄養塩濃度といった環境変化に対する応答は、種ごとに異なるため、植物プランクトン群集組成は、環境変化の指標とも考えられている。調査海域である北海道道南沿岸の日本海側には、南方から高温・高塩分ある対馬暖流が流入し、その勢力は季節変化する。加えて、津軽海峡には、対馬暖流の分枝流である高温・高塩分で特徴づけられる津軽暖流水が周年にわたり西から流入するが、秋から冬季にかけて低温・低塩分である沿岸親潮が東から流入する。近年、対馬暖流および津軽暖流水の流量が増加しているため、津軽海峡では、北太平洋や日本海よりも速い速度で海洋酸性化が進行していることが明らかになっている。また、沿岸域は、陸地と密接につながっているため、水温、塩分および栄養塩などの環境変化が激しい。したがって、これらの海洋環境の変化は、植物プランクトン群集の現存量や構成種に影響を及ぼすと考えられる。これまで当該海域の植物プランクトンに関連する知見としては、対馬暖流によって輸送された有害有毒渦鞭毛藻類 <i>Karenia mikimotoi</i> が函館湾へ流入し、2015年に赤潮を形成し漁業被害を与えたこと、道南日本海側沿岸は、貧栄養であるため、河川水が流入する融雪時と秋季の降水時を除き、クロロフィル <i>a</i> 濃度が <math>0.5 \mu\text{g L}^{-1}</math> 以下と生産性が低いことが報告されている。このように赤潮原因種やクロロフィルに関する知見はあるが、植物プランクトン群集全体を網羅的に扱った研究例は少なく、環境変化による植物プランクトンへの影響は不明なままである。</p> <p>そこで、本研究は高頻度観測を行い、道南沿岸域における植物プランクトン群集の季節変化を明らかにし、環境変動が植物プランクトン群集へ与える影響を評価することを目的とした。本研究では、2020–2022年の函館湾七重浜(2章)および2020–2021年の寿都町横潤漁港(3章)を調査地点と設定し、各地点での植物プランクトン群集の季節変化の解明、地点間比較による海域の特徴評価および前述の環境変化との関連に対する考察も行った。</p> <p>調査は、北海道北斗市七重浜第3防砂堤にて、2020年9月–2022年8月に、北海道寿都郡寿都町横潤漁港にて、2020年8月–2021年8月に、週一回の頻度で行った。植物プランクトン試料は、海表面からバケツによって0.5–1 L採水し、グルタルアルデヒド(終濃度1%)および酸性ルゴール(終濃度1%)で固定した。室内実験室にて、得られた固定試料は、静沈濃縮した後、倒立顕微鏡下にて種同定、計数を行った。計数は、1試料につき300細胞以上を目安に、種または属レベルで行った。七重浜に関しては、固定試料を用いてDAPIおよびFITCの2重染色法により、ナノプランクトンを計数した。さらに、生鮮試料を用いて、PAM 蛍光光度計(Pulse Amplitude Modulation)により <math>F_v/F_m</math>、<math>\alpha</math>(rETR 曲線の初期の傾き)、ETR<sub>m</sub>(最大電子伝達速度)を測定した。データ解析では、細胞密度に基づくクラスター解析を両地点別々に行い、群集を区分し、IndVal および SIMPER 解析により、各群集の</p>		

特徴種を特定した。区分した群集と環境要因 (水温、塩分、栄養塩、降水量、気温、風速、全天日射量、日照時間および潮位) との関係性を明らかにするため、DistLM (distance based liner modeling) および冗長性分析 (dbRDA: redundancy analysis) を行った。環境要因に群集間で差があるか否かについては、one-way ANOVA により検定し、ポストホックテスト (Tukey-Kramer test) を行った。加えて底生・付着珪藻類について細胞密度と環境要因 (濁度と風速) との関係を GLM により解析した。

七重浜では、季節的に群集 A-F が出現した。冬季には、低水温に適応できる珪藻類の *Thalassiosira* spp. が優占する群集 D が出現し、これは親潮系水の流入ではなく、湾内の休眠期細胞が起源であると考えられた。春季には、*Chaetoceros* spp. が優占する群集 E が出現した。夏季は、高温・高塩分の津軽暖流水の流入や降水による低塩化により、環境が変動しやすかったため、塩分耐性の高い珪藻類の *Leptocylindrus danicus* および *Skeletonema costatum* や渦鞭毛藻類の *Prorocentrum* spp. が優占する群集 A が出現した。以上の3つの群集は、決まった季節に両年出現したが、その合間を縫うように、群集 B、C および F が出現した。群集 B は、渦鞭毛藻類の *Scrippsiella* spp. が優占し、5月、6月および10月に出現していた。これは、七重浜周辺に堆積していた *Scrippsiella* spp. のシストが最適な水温下で発芽・増殖し、さらに風によって集積されることで出現したと考えられた。群集 C は春季と秋季の幅広い季節に出現し、底生・付着性珪藻類が優占していた。風速および濁度と強い関係があったことから、強風により海況が荒れ、底生・付着性珪藻類が水中に放出された時に出現すると考えられる。群集 F は、2021年8月下旬-2022年1月上旬にのみ出現し、渦鞭毛藻類の *K. mikimotoi* が優占していた。2020年の同期間と比較して、日射量が低かったことから、珪藻類の増殖は光制限状態であり、代わりに *K. mikimotoi* が栄養塩を利用して増加していたと考えられる。このように、七重浜の植物プランクトン群集の季節変化は、概ね水温で説明できるが、短期的 (1-2週間) には気象条件 (日射量、風、降水) の影響も受けやすいことが示唆された。

寿都では、夏季、秋季、晩秋、冬季、厳冬、春季およびユーグレナの7群集が出現した。夏季、秋季および晩秋では、渦鞭毛藻類が優占するという共通性があった。この3群集内で比較すると、夏季は *Prorocentrum* spp.、*Protoperidinium* spp. および *Scrippsiella* spp. がバランスよく出現していたが、秋季および晩秋には *Prorocentrum* spp. のみが高密度で出現していた。これは、それぞれの種の栄養様式 (独立栄養または従属栄養)、好適水温、栄養塩貯蔵能力によって説明された。冬季および厳冬は、低水温であったため、低水温に適応できる *Navicula* spp. が優占していたが、総細胞密度は低かった。春季は、渦鞭毛藻類の *Scrippsiella* spp. および少毛繊毛虫類が高密度で出現した。この冬季から春季への移行について、*Scrippsiella* spp. シストが光環境改善と水温上昇によって発芽と増殖したこと、少毛繊毛虫類が高い塩分耐性と豊富なナノプランクトンを利用できる摂餌様式によって高密度に増加したためと考えられた。最も特徴的であったユーグレナ藻類のブルームは、融雪出水に伴う低塩化および高栄養塩化に起因すると考えられ、その生産は動物プランクトンを介し、海洋生態系内へエネルギー転送されていると考えられる。このように寿都では、水温とそれぞれの種の生態 (好適水温、塩分耐性、栄養様式、摂餌様式、栄養塩貯蔵能力) によって、植物プランクトン群集内の優占種が季節遷移していることが示唆された。

本研究により、北海道道南沿岸域における植物プランクトン群集全体の季節変化と、それらと水理環境との関係も明らかとなった。両地点を比較すると、珪藻類および渦鞭毛藻類の季節的な出現傾向は共通していたが、その細胞密度は、調査期間を通じて、七重浜で高く、寿都以低かった。これは、両地点間での栄養塩濃度の絶対的な差 (七重浜 > 寿都) に起因していると考えられた。群集の変化要因としては、いずれの海域も水温が最も重要であったが、七重浜では短期的な気象条件の影響を受けやすく、寿都では低栄養塩環境に適応した優占種の生態的特徴で説明できた。有害種の出現について、七重浜では *K. mikimotoi* が秋季から初冬まで出現し、その後水温の低下とともに死滅したと考えられる。一方、寿都では *K. mikimotoi* は見られなかったが、対馬暖流の流量増加に伴い、来遊量が増加し、冬季の水温が *K. mikimotoi* の越冬可能水温 (6.5°C) を超えた場合は、注意が必要と考える。